



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 45 381 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
A 61 B 19/00
A 61 B 5/103

⑲ Aktenzeichen: 100 45 381.3
⑳ Anmeldetag: 14. 9. 2000
㉑ Offenlegungstag: 11. 4. 2002

⑦① Anmelder:
Aesculap AG & Co. KG, 78532 Tuttlingen, DE

⑦④ Vertreter:
HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
PATENTANWÄLTE, 70182 Stuttgart

⑦② Erfinder:
Kozak, Josef, Dipl.-Inf.-Med., 78532 Tuttlingen, DE;
Reu, Gerhard, Dipl.-Ing. (FH), 78532 Tuttlingen, DE;
Tümmeler, Hanns-Peter, Dr.rer.nat., 78532
Tuttlingen, DE

⑥⑥ Entgegenhaltungen:
WO 00 69 335

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes oder Gerätes oder eines Körperteils
- ⑤⑦ Um bei einer Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes oder Gerätes oder eines Körperteils diese Bestimmung vereinfacht durchführen zu können, wird vorgeschlagen, daß die Vorrichtung mindestens zwei Neigungssensoren umfaßt, die nicht parallel zueinander angeordnet sind.

DE 100 45 381 A 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 100 45 381 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes oder Gerätes oder eines Körperteils.

[0002] Bei vielen Operationsverfahren werden computerunterstützte Navigationsverfahren angewandt, dies gilt beispielsweise in der Neurochirurgie oder in der Orthopädie.

[0003] Diese Verfahren ermöglichen es, die Lage und Position von Operationsinstrumenten oder Implantaten relativ zur Lage des Patienten zu bestimmen. Bei bekannten Verfahren dieser Art werden optische Kamerasysteme in Verbindung mit aktiven Strahlungsendern oder passiven Reflektoren angewandt, die an den Instrumenten, Implantaten und Geräten befestigt werden, deren Position und Lage bestimmt werden sollen. Dabei ist es notwendig, zwischen den Kamerasystemen einerseits und den aktiven oder passiven Referenzkörpern und den Instrumenten oder Geräten andererseits eine freie Signalübertragung zu gewährleisten, das heißt im Übertragungsweg dürfen sich keine die übertragende Strahlung abschirmenden Gegenstände befinden. Dies erschwert die Handhabung dieser Instrumente und Geräte außerordentlich, in vielen Fällen ist eine genaue Position- und Lagebestimmung nur in Ausnahmefällen möglich oder dadurch, daß mit redundanten Systemen gearbeitet wird, die also so viele Referenzkörper aufweisen, daß eine Positionsbestimmung auch noch möglich ist, wenn einer oder einige der Referenzkörper abgedeckt sein sollten.

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine gattungsgemäße Positionsbestimmungsvorrichtung so auszugestalten, daß diese Nachteile vermieden werden und daß unabhängig von der Abdeckung oder Abschirmung der Vorrichtung trotzdem die Lage der Vorrichtung jederzeit bestimmbar ist.

[0005] Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß sie mindestens zwei Neigungssensoren umfaßt, die nicht parallel zueinander angeordnet sind.

[0006] Diese Neigungssensoren bestimmen jeweils ihre Neigung gegenüber dem Gravitationsfeld, also gegenüber der Senkrechten. Dadurch, daß sie nicht parallel zueinander angeordnet sind, erfolgt diese Bestimmung in unterschiedlichen Richtungen, so daß die Neigung der Vorrichtung in verschiedenen Richtungen bestimmbar ist.

[0007] Es kann sich bei den Neigungssensoren um mechanische Elemente handeln, die ein der jeweiligen Neigung entsprechendes Signal erzeugen. Dieses kann vom Benutzer direkt abgelesen werden, es ist aber auch möglich, dieses Signal in einem Navigationssystem weiterzuverarbeiten.

[0008] Insbesondere kann vorgesehen sein, daß die Neigungssensoren so angeordnet sind, daß sie die Neigung der Vorrichtung in senkrecht aufeinander stehenden Richtungen ermitteln, also insbesondere sind die Neigungssensoren senkrecht zueinander an der Vorrichtung angeordnet.

[0009] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß sie einen dritten Neigungssensor umfaßt, der zu den beiden anderen Sensoren nicht parallel angeordnet ist. Insbesondere kann der dritte Sensor senkrecht zur Richtung der anderen beiden Sensoren angeordnet sein.

[0010] Damit ergibt sich eine vollständige Neigungsbestimmung der Vorrichtung im Gravitationsfeld, und zwar unabhängig davon, ob eine "Sicht"-Verbindung zwischen Navigationssystem und Vorrichtung besteht oder nicht.

[0011] Durch die Neigungssensoren kann die Neigung der Vorrichtung relativ zum Gravitationsfeld bestimmt werden. Wenn gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform zusätzlich vorgesehen ist, daß die Vorrichtung einen Magnetfeldsensor umfaßt, der die Richtung eines die Vorrichtung umgebenden Magnetfelds bestimmt, ergibt sich die

Möglichkeit, die Lage der Vorrichtung im Raum absolut zu bestimmen, und zwar unabhängig von irgendeiner Referenzmessung zur einem ortsfesten Navigationssystem. Der Magnetfeldsensor wirkt somit als Kompaß, der die Orientierung der Vorrichtung im Magnetfeld bestimmt, wobei es sich dabei um das Erdmagnetfeld handeln kann oder um ein äußeres Magnetfeld, das im Operationsbereich bewußt aufgebaut wird, um lokale Störungen des Erdmagnetfeldes durch Elektrogeräte und andere Störquellen auszuschalten oder zu reduzieren.

[0012] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Vorrichtung einen aktiven oder passiven Referenzkörper trägt, dessen Position über ein Navigationssystem feststellbar ist. Es handelt sich dabei um einen Referenzkörper und um ein Navigationssystem, wie sie an sich bereits bekannt sind. Mittels dieser Systeme werden bisher Lage und Position von Vorrichtungen im Raum bestimmt, dafür werden aber bis zu sechs derartiger Referenzkörper benötigt. Im vorliegenden Fall genügt ein einziger derartiger Referenzkörper, um neben der Orientierung der Vorrichtung im Raum, die durch die Neigungssensoren und gegebenenfalls den Magnetfeldsensor bestimmt wird, auch die absolute Position im Raum für die Vorrichtung im Raum festzustellen. Auf diese Weise lassen sich also mit nur einer Sichtverbindung zwischen einem Referenzkörper und einem Kamerasystem alle notwendigen Orientierungs- und Positionsdaten der Vorrichtung erhalten, die Handhabung eines solchen Instrumentes wird dadurch wesentlich erleichtert, denn es genügt dabei nur bei einem einzigen Referenzkörper darauf zu achten, daß die Sichtverbindung zum Kamerasystem nicht verdeckt wird.

[0013] Zusätzlich kann vorgesehen sein, daß die Vorrichtung einen Satz von aktiven oder passiven Referenzkörpern trägt, deren Position über ein Navigationssystem feststellbar ist. In diesem Falle wird ein herkömmliches Navigationssystem mit einem Satz von beispielsweise sechs Referenzkörpern verwendet, mit denen an sich Orientierung und Position der Vorrichtung im Raum bestimmt werden kann, zusätzlich werden diese Werte über die Neigungssensoren und gegebenenfalls die Magnetfeldsensoren ergänzt, so daß selbst bei Abdeckung der Sichtverbindung zwischen einigen Referenzkörpern und dem zugehörigen Kamerasystem eine vollständige Lage- und Orientierungsbestimmung der Vorrichtung möglich ist. Das gilt auch dann, wenn beispielsweise durch lokale Störungen der Magnetfeldsensor abweichende Meßwerte liefert. Durch die gemeinsame Berücksichtigung der Meßwerte, die durch Neigungssensoren und Magnetfeldsensor einerseits und durch das mit Referenzkörpern und Kamerasystemen arbeitende Navigationssystem andererseits bestimmt werden, lassen sich diese Systeme miteinander vergleichen, so daß die exakte Bestimmung auch dann möglich ist, wenn Meßwerte ausfallen oder klar ersichtlich verfälscht sind. Durch diese Redundanz wird eine erheblich gesteigerte Genauigkeit der Positions- und Orientierungsbestimmung ermöglicht.

[0014] Es ist vorteilhaft, wenn die Neigungssensoren und gegebenenfalls der Magnetfeldsensor über eine Signalübertragungsstrecke mit einer Datenverarbeitungseinrichtung verbunden sind, die aus den übermittelten Signalen der Sensoren die Neigung der Vorrichtung relativ zum Gravitationsfeld und gegebenenfalls relativ zum umgebenden Magnetfeld bestimmt.

[0015] Dabei kann diese Signalübertragungsstrecke bei einer ersten Ausführungsform eine Übertragungsleitung umfassen, über die die Signale übertragen werden.

[0016] Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die Signalübertragungsstrecke Sender und Empfänger umfaßt, die die Signale drahtlos zwischen sich übertragen. Dadurch

wird die Handhabbarkeit der Vorrichtung wesentlich verbessert.

[0017] Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung. Es zeigen:

[0018] Fig. 1 ein chirurgisches Instrument mit einer Positionsbestimmungsvorrichtung, die drei Neigungssensoren, einen Magnetfeldsensor und einen passiven Referenzkörper umfaßt;

[0019] Fig. 2 eine Positionsbestimmungsvorrichtung ähnlich Fig. 1, jedoch mit nur zwei Neigungssensoren und mit einer Verbindungsvorrichtung zu einer Knochenschraube;

[0020] Fig. 3 eine Positionsbestimmungsvorrichtung ähnlich Fig. 2 ohne einzelnen Referenzkörper und mit einem Satz von Referenzkörpern und

[0021] Fig. 4 eine Positionsbestimmungsvorrichtung ähnlich Fig. 3 ohne Magnetfeldsensor.

[0022] Die in der Zeichnung dargestellte Vorrichtung 1 dient der Bestimmung der Orientierung und gegebenenfalls der Position eines medizinischen Instrumentes, eines medizinischen Gerätes, eines Implantates, eines Körperteiles etc. und wird zu diesem Zweck mit dem Gegenstand, dessen Position und Orientierung zu bestimmen ist, starr verbunden.

[0023] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist dieser Gegenstand beispielsweise ein chirurgischer Taster 2 mit einer Tastspitze 3 und einem Griff 4, an dessen rückwärtigem Ende die Vorrichtung 1 starr mit dem Griff 4 verbunden angeordnet ist.

[0024] Diese Vorrichtung 1 umfaßt drei in zylindrischen Gehäusen aufgenommene Neigungssensoren 5, 6, 7, die über jeweils senkrecht aufeinanderstehende Verbindungsstäbe 8, 9 beziehungsweise 10 so angeordnet sind, daß ihre Längsachsen jeweils senkrecht aufeinanderstehen. Die Neigungssensoren 5, 6, 7 können sogenannte elektronische Wasserwaagen sein, also Sensoren, die bei einer Neigung gegenüber dem Gravitationsfeld Signale erzeugen, die von der jeweiligen Neigung gegenüber dem Gravitationsfeld abhängig sind und die damit den Neigungswinkel gegenüber dem Gravitationsfeld anzeigen.

[0025] Als Neigungssensoren können beispielsweise Piezokristalle verwendet werden, auf denen mit Wechselspannungen passender Frequenz Oberflächenwellen erzeugt werden. In diesen Wellen speichern die Piezokristalle eingesperte Energie für kurze Zeit zwischen und senden sie dann wieder an ein Abfragegerät zurück, wobei die Oberflächenwellen durch äußere Einflüsse verändert werden können, beispielsweise durch unterschiedliche Drücke, die auf die Piezokristalle wirken. Bei einem Neigungssensor läßt sich dieser Effekt dadurch ausnützen, daß auf einen solchen Piezo-Kristall je nach Neigung unterschiedlich große Kräfte eines Sensorkörpers wirken und dadurch die Oberflächenwellen verändern; diese Änderungen der Oberflächenwellen können dann von einem geeigneten Meßgerät festgestellt werden. Ein großer Vorteil einer solchen Anordnung liegt auch darin, daß die Oberflächenwellen auf derartigen Piezokristallen durch ein elektromagnetisches Feld drahtlos angeregt werden können und zur Abstrahlung eines elektromagnetischen Feldes führen, welches ebenfalls drahtlos empfangen werden kann, das heißt diese Sensoren wirken nicht nur als Sensoren, sondern gleichzeitig auch als Sender zur drahtlosen Übermittlung der entsprechenden Meßsignale, im vorliegenden Fall also der Neigung der Neigungssensoren gegenüber dem Gravitationsfeld.

[0026] Geeignete Piezokristalle können beispielsweise aus Quarz bestehen.

[0027] Zusätzlich ist an der Vorrichtung 1 ein Magnetfeldsensor 11 angeordnet, der in der Zeichnung schematisch als zylindrisches Gehäuse dargestellt ist und der im Prinzip ein

Magnetfeldkompaß ist. Dieser Magnetfeldsensor 11 erzeugt Signale, die von der Neigung des Magnetfeldsensors 11 gegenüber einem umgebenden Magnetfeld abhängig sind, dadurch ist also der Winkel zwischen diesem Magnetfeld und dem Magnetfeldsensor 11 feststellbar.

[0028] Ein solcher Magnetfeldsensor kann beispielsweise gebildet werden durch einen sogenannten magnetoresistiven Sensor. Derartige Sensoren basieren auf dem Effekt, daß der elektrische Widerstand einer dünnen anisotropen ferromagnetischen Schicht durch ein magnetisches Feld verändert wird. Dadurch spielt der Winkel zwischen Magnetisierungsrichtung und Stromrichtung eine entscheidende Rolle. Laufen beide parallel ist der Widerstand am größten, bei einem rechten Winkel zwischen beiden am kleinsten. Die maximale Widerstandsänderung liegt in der Größenordnung von einigen Prozent vom Gesamtwiderstand. Ein solcher Sensor kann beispielsweise durch einen Streifen aus einer Nickel-Eisen-Legierung bestehen (ca. 80% Nickel, 20% Eisen). Während des Herstellungsprozesses wird diesem Legierungsstreifen eine magnetische Vorzugsrichtung in Längsrichtung des Streifens gegeben.

[0029] An dem Magnetfeldsensor 11 ist schließlich noch ein Referenzkörper 12 in Form einer reflektierenden Kugel angeordnet, dieser Referenzkörper 12 kann in an sich bekannter Weise im Rahmen eines Navigationssystems eingesetzt werden. Ein solches Navigationssystem sendet beispielsweise eine Lichtstrahlung in Richtung auf die Vorrichtung 1 aus, diese wird am Referenzkörper 12 reflektiert und die reflektierte Strahlung wird von einem Kamerasystem aufgenommen, das aus der Richtung der Reflexion und/oder der Laufzeit der Strahlung die Position des Referenzkörpers 12 bestimmt. Auf diese Weise erhält man den Abstand des Referenzkörpers 12 und die Winkellage des Referenzkörpers 12 im Bezug auf das Kamerasystem.

[0030] Die Neigungssensoren 5, 6, 7 und der Magnetfeldsensor 11 sind über eine Verbindungsleitung 13 mit einer in der Zeichnung nicht dargestellten Datenverarbeitungsanlage verbunden, diese empfängt die Signale der Neigungssensoren und des Magnetfeldsensors und bestimmt aus diesen Signalen die Orientierung der Vorrichtung 1 relativ zum Gravitationsfeld und relativ zum umgebenden Magnetfeld. Aus diesen Daten kann also die Lage der Vorrichtung 1 im Raum eindeutig bestimmt werden, über die bereits beschriebene Positionsbestimmung des Referenzkörpers 12 erhält man auf diese Weise eine vollständige Information über Orientierung und Position der Vorrichtung 1 im Raum, und damit natürlich auch über Orientierung und Position des chirurgischen Tasters 2 im Raum.

[0031] Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ist die Vorrichtung 1 im wesentlichen gleich aufgebaut wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 1, einander entsprechende Teile tragen daher dieselben Bezugszeichen.

[0032] Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 sind nur zwei Neigungssensoren 5, 6 vorgesehen, und die Vorrichtung 1 ist nicht mit einem chirurgischen Instrument verbunden, sondern über ein Kupplungsstück 14 starr mit einer Knochenschraube 15 verbindbar, die in den Knochen eines Patienten eingeschraubt werden kann. Wenn die Vorrichtung 1 auf eine in dieser Weise aufgeschraubte Knochenschraube 15 aufgesetzt ist, ist es dadurch möglich, die Lage und Position des Knochens des Patienten im Raum exakt zu bestimmen.

[0033] Die Vorrichtung 1 der Fig. 3 entspricht im wesentlichen der der Fig. 2, einander entsprechende Teile tragen daher dieselben Bezugszeichen.

[0034] Bei der Vorrichtung 1 fehlt in diesem Falle der Referenzkörper 12, statt dessen ist an der Vorrichtung 1 ein Halter 16 starr befestigt, der mehrere Referenzkörper 17

trägt, beispielsweise sechs derartige Referenzkörper, die in gleicher Weise wie der Referenzkörper 12 Teil eines Navigationssystems sind, beispielsweise können die Referenzkörper 17 reflektierende Flächen sein. Über dieses Navigationssystem kann die Lage und Orientierung der Referenzkörper 17 und damit des Trägers 16 im Raum bestimmt werden, gleichzeitig lassen sich über die Neigungssensoren 5, 6 und den Magnetfeldsensor 11 auch Daten über die Lage der Vorrichtung 1 im Raum gewinnen, und diese Meßdaten können in der Datenverarbeitungsanlage miteinander verglichen werden, so daß Korrekturen von offensichtlich fehlerhaften oder ausfallenden Meßergebnissen möglich sind.

[0035] Das Ausführungsbeispiel der Fig. 4 entspricht dem der Fig. 3 fast vollständig, einander entsprechende Teile tragen daher dieselben Bezugszeichen. Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 4 fehlt der Magnetfeldsensor, so daß lediglich über zwei Neigungssensoren 5, 6 die Lage der Vorrichtung 1 gegenüber dem Gravitationsfeld feststellbar ist, nicht aber gegenüber dem umgebenden Magnetfeld.

[0036] Die Vorrichtung 1 kann bei allen Anwendungen, also an Geräten, Instrumenten, Implantaten, Körperteilen etc. unterschiedliche Ausgestaltungen annehmen, wie sie in den Fig. 1 bis 4 beispielhaft dargestellt sind, es ist also ohne weiteres möglich, die unterschiedlichen Ausgestaltungen und die unterschiedlichen Anwendungsfälle nach Bedarf miteinander zu kombinieren.

[0037] Die Signalübertragung von der Vorrichtung 1 zur Datenverarbeitungseinrichtung muß auch nicht notwendig über eine Verbindungsleitung 13 erfolgen, sondern es ist vorteilhaft, diese Signalübertragung drahtlos vorzunehmen, dadurch wird die Handhabung des Gegenstandes erleichtert, an dem die Vorrichtung 1 befestigt ist.

ner Datenverarbeitungseinrichtung verbunden sind, die aus den übermittelten Signalen der Sensoren (5, 6, 7; 11) die Neigung der Vorrichtung (1) relativ zum Gravitationsfeld und gegebenenfalls relativ zum umgebenden Magnetfeld bestimmt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalübertragungsstrecke eine Übertragungsleitung (13) umfaßt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalübertragungsstrecke Sender und Empfänger umfaßt, die die Signale drahtlos zwischen sich übertragen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes oder Gerätes oder eines Körperteils, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie mindestens zwei Neigungssensoren (5, 6) umfaßt, die nicht parallel zueinander angeordnet sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Neigungssensoren (5, 6) so angeordnet sind, daß sie die Neigung der Vorrichtung (1) in senkrecht aufeinanderstehenden Richtungen ermitteln.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen dritten Neigungssensor (7) umfaßt, der zu den beiden anderen Neigungssensoren (5, 6) nicht parallel angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der dritte Neigungssensor (7) senkrecht zur Richtung der anderen beiden Neigungssensoren (5, 6) angeordnet ist.
5. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Magnetfeldsensor (11) umfaßt, der die Richtung eines die Vorrichtung (1) umgebenden Magnetfeldes bestimmt.
6. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen aktiven oder passiven Referenzkörper (12) trägt, dessen Position über ein Navigationssystem feststellbar ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Satz von aktiven oder passiven Referenzkörpern (17) trägt, deren Position über ein Navigationssystem feststellbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Neigungssensoren (5, 6, 7) und gegebenenfalls der Magnetfeldsensor (11) über eine Signalübertragungsstrecke mit ei-

FIG.1

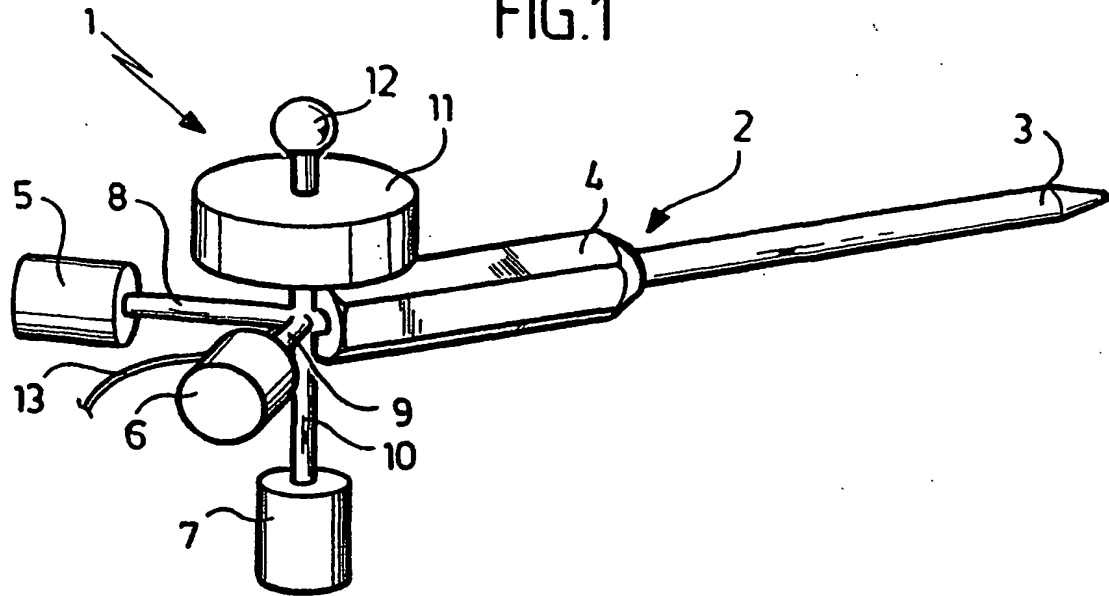
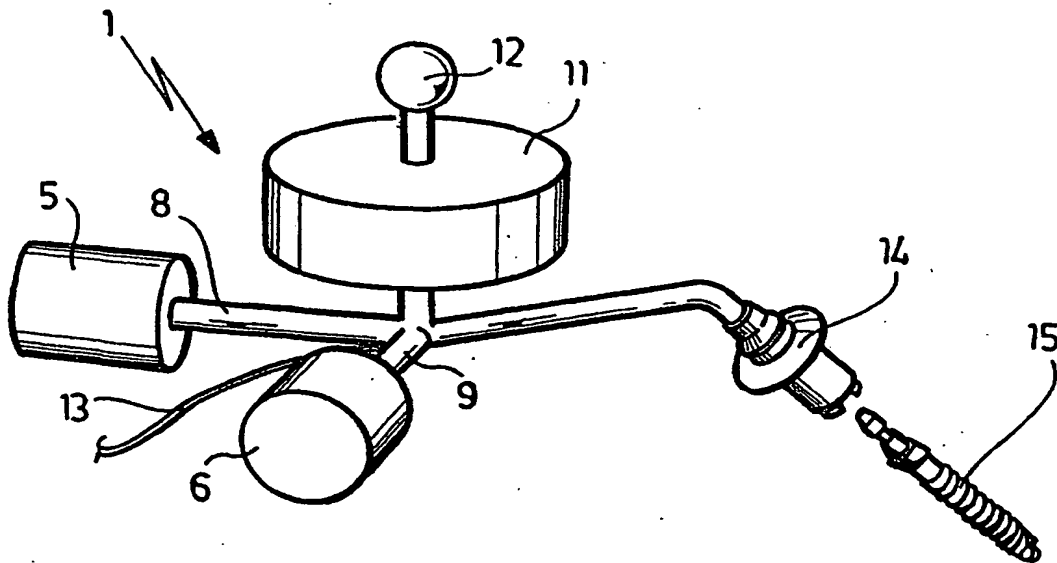


FIG.2



BEST AVAILABLE COPY

102 150/27

FIG. 3

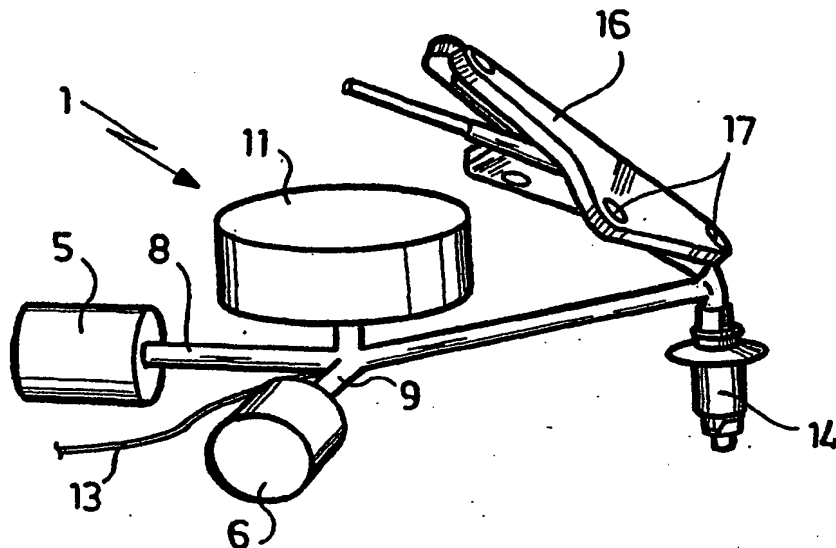
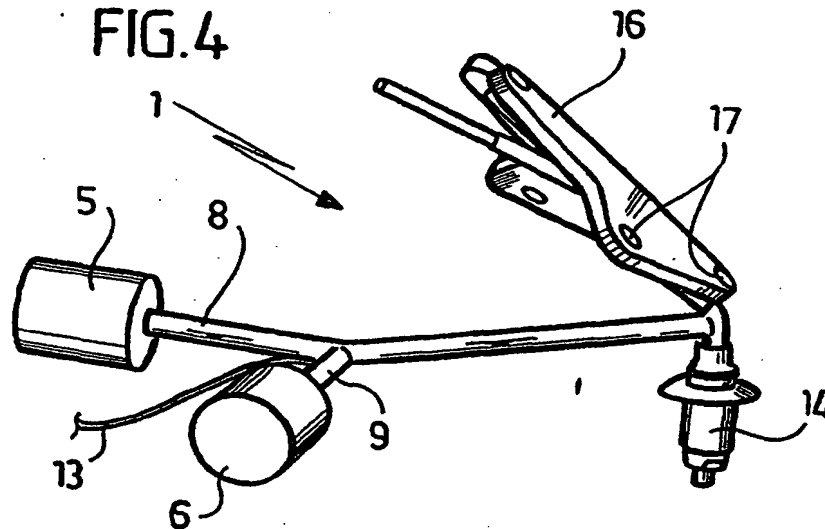


FIG. 4



BEST AVAILABLE COPY